Vol. 13 No. 1
Jan., 2016

天 文 研 究 与 技 术
ASTRONOMICAL RESEARCH AND TECHNOLOGY

第 13 卷 第 1 期
2016 年 1 月

CN 53-1189/P ISSN 1672-7673

黑洞吸积率与喷流能量相关性讨论*

张 旭，张 雄

（云南师范大学物理与电子信息学院，云南 昆明 650500）

摘要：喷流的形成与黑洞吸积向来密不可分。分析黑洞吸积率与其喷流能量的相关性对研究黑洞内部结构以及喷流形成的具体原因具有重要的意义。从文献资料中收集了 24 个数据源，这些源包含了 13 个射电选 BLLac 天体(RBL)和 11 个平谱射电类星体(FSRQs)。通过样本数据研究黑洞吸积率与喷流能量以及 γ 射线流量密度的相关性。研究结果表明：(1)24 个活动类星体的吸积率与喷流能量存在明显的相关性，这与 Allen 等得出的结论相同；(2)射电选 BLLac 天体与平谱射电类星体的喷流能量分布存在一定差异；(3)射电选 BLLac 天体的吸积率与 γ 射线流量密度相关性并不明显，但平谱射电类星体的吸积率与 γ 射线流量密度之间具有一定的相关性；(4)研究结果进一步证明了喷流能量不仅与黑洞质量有关，同时也很可能与黑洞的吸积存在关系。黑洞喷流的形成很可能是黑洞质量与吸积共同作用的结果。这些研究结果与其他方法获得的结果是一致的。

关键词：吸积率；喷流能量；相关性

中图分类号：P158 **文献标识码**：A **文章编号**：1672-7673(2016)01-0024-07

活动星系中心的黑洞通常会产生强劲的喷流[1-2]。黑洞吸积作用的强弱直接对喷流的形成以及能量转化效率产生影响。喷流通常产生于黑洞中心视界附近[3]，由于黑洞的吸积作用使黑洞的能量发生了转移。文[4]认为这些能量能为黑洞的喷流供能。黑洞吸积盘附近的磁场由于黑洞对正常时空的干扰而产生弯曲，从而产生喷流。这种宽线模型现在已通过数学模拟得到了证实。吸积半径中的放射能量在向黑洞中心移动的过程中转变为喷流能量，从而在更小的吸积半径上产生喷流。虽然这种机制现在还存在一定的争议，但这种理论对理解吸积过程以及大质量黑洞的生成有重要作用。

通过对 Chandra 和 XMM-Newton 观测数据的研究，表明在星系中心的黑洞对它们周围的环境有很强的影响[5]。黑洞的吸积作用能使其周围的 X 射线发射气体中产生明显的空洞或者“气泡”[6]。黑洞周边的能量能使这些“气泡”膨胀，而周边的声速能使这些“气泡”成为测量喷流能量的标尺[7]。更重要的是，Chandra 得出的结果意味着能通过这一系统解决吸积率的测量问题。通过黑洞质量以及 X 射线发射气体的温度，可以准确估算黑洞的吸积率[8]。通过探讨吸积率和喷流能量相关性，能更加深入地研究黑洞吸积以及能量的转化过程。

文[1]对黑洞吸积率与喷流能量之间的相关性进行了研究，得出了肯定的结果。由于文[1]的研究中采集的样本数量比较少，这可能导致研究中相关性分析得出的结果出现偏差。本文扩大了样本的数量，并运用不同的喷流能量计算方法进行吸积率与喷流能量之间相关性的研究。同时本文还讨论吸积率与 γ 射线能量密度之间的相关性，并探讨吸积率对其是否产生影响。结果表明黑洞自旋与喷流能量存在较为直接的联系，这与文[1]的结论相同，同时表明喷流的能量很可能来源于黑洞的吸积作用。射电选 BLLac 天体与平谱射电类星体的吸积率与 γ 射线流量密度之间的相关性存在差异，这可

* 基金项目：国家自然科学基金重点项目（U1231203）；国家自然科学基金（11163007，11063004）；云南省自然科学基金（2010CD046）资助.

收稿日期：2015-04-26；修订日期：2015-05-29

作者简介：张 旭，男，硕士. 研究方向：黑洞，活动星系核. Email：2226997466@qq.com

通讯作者：张 雄，男，教授. 研究方向：黑洞，活动星系核. Email：ynzx@yeah.net

能说明喷流中 γ 射线在不同星体中受黑洞吸积率的影响并不相同，需要更多数据进行进一步的研究。本文给出了用模型公式估算喷流能量的方法，为黑洞吸积率与喷流能量之间关系的进一步研究提供了依据。

1　黑洞吸积率的计算

本文运用爱丁顿光度与宽线区光度之比计算黑洞吸积率[9]，其中爱丁顿光度由黑洞质量计算得出：

$$\dot{m} = \frac{10\, L_{\mathrm{BLR}}}{L_{\mathrm{Edd}}}\ , \tag{1}$$

其中，$\dot{m}$ 为黑洞吸积率；L_{BLR}为宽线区光度($L_{\mathrm{bol}} = 10L_{\mathrm{BLR}}$)；$L_{\mathrm{Edd}}$为爱丁顿光度($L_{\mathrm{Edd}} = 1.3\times10^{38}\frac{M}{M_{\odot}}$)。

2　黑洞喷流能量的计算

本文中喷流能量的计算方法与文[10]相同。运用活动星系的 X 射线观测数据估算喷流能量。活动星系大部分的瓣能量存在于等离子中。假设喷流能量转化为瓣能量所用的时间与射电瓣从黑洞中心区域分离的时间 t_{sep}相同，通过研究射电瓣的射电谱线曲率可以测定其中等离子体的寿命(分布在黑洞中心区域的等离子体可能在射电瓣形成之初就已存在)，进而可推测射电瓣的寿命及演化速率。设截止频率为 ν_{b}，同步周期(以 cgs 为单位)可以表示为

$$t_{\mathrm{syn}} \approx 1.58 \times 10^{12} B^{-3/2}\, \nu_{\mathrm{b}}^{\ -1/2}\ . \tag{2}$$

依据高能粒子(可能是电子和正电子)的幂律分布，运用热洛伦兹因子 γ 将数据源设为一个体积为 V 的均匀光源，则频率在 $\nu_1 \leqslant \nu \leqslant \nu_2$之间的同步辐射可表示为

$$N_{\mathrm{r}} = N_0 V \int_{\gamma_1}^{\gamma_2} \gamma^{-n} \mathrm{d}\gamma\ . \tag{3}$$

上述关系式中的最大和最小洛伦兹因子与同步辐射的上限截止频率 ν_1和下限截止频 ν_2有关：

$$\gamma_1 = \left[\frac{2\,\nu_1\, y_1(n)}{3\,\nu_{\mathrm{B}}}\right]^{1/2},\ \gamma_2 = \left[\frac{2\,\nu_2\, y_2(n)}{3\,\nu_{\mathrm{B}}}\right]^{1/2}. \tag{4}$$

其中，$\nu_{\mathrm{B}} = eB/2\pi m_{\mathrm{e}}c$ 为粒子回旋加速频率；

$$\begin{aligned} y_1(n) &= 2.2,\ y_2(n) = 0.10,\ (n = 2.5)\ ; \\ y_1(n) &= 2.7,\ y_2(n) = 0.18,\ (n = 3.0)\ . \end{aligned} \tag{5}$$

同步辐射光度 $L(\nu)$是一个与动量空间的粒子分布和磁场强度有关的函数。结合粒子分布下同步辐射功率的公式：

$$U_{\mathrm{e}} \approx \frac{2\times10^{11}\, B^{-3/2}}{a(n)\,(n-2)}\, L(\nu_1)\, \nu_1^{1/2} [y_1(n)]^{(n-1)/2} \times \left\{1 - \left[\frac{y_2(n)\,\nu_1}{y_1(n)\,\nu_2}\right]^{(n-1)/2}\right\},$$

$$\text{其中，}a(n) = \frac{(2^{(n-1)/2}\sqrt{3})\,\Gamma\left[\frac{3n-1}{12}\right]\Gamma\left[\frac{3n+19}{12}\right]\Gamma[(n+5)/4]}{8\sqrt{\pi}\,(n+1)\,\Gamma[(n+7)/4]}\ . \tag{6}$$

设 t_{sep}与同步辐射周期 t_{syn}相等，截止通量密度为 F_{ν}。靠近类星体的射电瓣等离子子在射电瓣中经历同步加速的蜕变后，其瓣能量转化为同步辐射光度 $L(\nu)$。结合(4)式的同步辐射周期 t_{syn}与同步辐射功率的表达式(6)，得到如下关系式：

$$U_{\mathrm{e}} \approx \frac{L(\nu_1)(\nu_1)^{1/2}(\nu_{\mathrm{b}})^{1/2}}{7.9(n-2)\,a(n)} [y_1(n)]^{(n-1)/2}\, t_{\mathrm{syn}}\ . \tag{7}$$

将截止频率代入(7)式，由 $t_{syn} \approx t_{sep}$ 可得喷流能量的表达式：

$$Q \approx \frac{U_e}{t_{sep}} + L \approx \frac{[y_1(n)]^{\frac{n-1}{2}}(15.1)^{\alpha}}{(n-2)a(n)} \times 10^{42}(1+z)^{1+\alpha}Z^2F_{151}\ \mathrm{ergs\ s^{-1}} + L. \tag{8}$$

其中，α 为谱指数$[L(\nu) \sim \nu^{-\alpha}]$，$\alpha=(n-1)/2$。由于原子组成的射电瓣气体的存在及低频部分射电谱线的延伸使喷流能量的估算值偏大，所以为了使结果更加精准，需对公式中的谱指数进行校正。经长期的观测与验证，得出谱指数 $\alpha \approx 1$ 为(8)式最佳的基准值。

$$Q_{jet} \approx 5.7 \times 10^{44}(1+z)^{1+\alpha}Z^2F_{151}\mathrm{ergs\ s^{-1}},\quad \alpha \approx 1. \tag{9}$$

由此可得到基于红移和151 MHz能量密度的喷流能量的计算公式。

3 样本选择

从文献中收集了25个具有准确宽线区光度及黑洞质量数据的类星体源，样本计算黑洞喷流能量所需要的151 MHz流量密度 F_{151}(以央斯基为单位)均来源于NASA/IPAC河外星系数据库(NED)，收集的射电类星体样本数据包括红移、黑洞质量、宽线区光度、151 MHz流量密度。运用(1)、(9)式分别计算了黑洞的吸积率以及喷流能量。以上数据均列于表1中。本文着重讨论黑洞吸积率与喷流能量的相关性，数据按源IAU名称由小到大排列。

4 实验结果

由图1可以看出射电选BLLac天体与平谱射电类星体的喷流能量分布存在差异，平谱射电类星体的喷流能量分布较为平均，而射电选BLLac天体的喷流能量则集中在较小数值上。在本文中将两者分开讨论，具体相关系数列于表2。

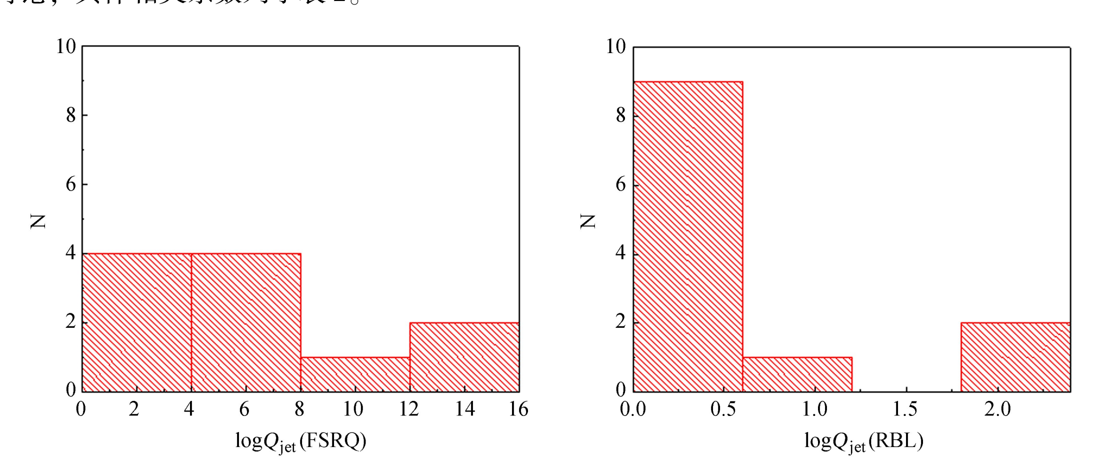


图1 射电选BLLac天体与平谱射电类星体的喷流能量数据分布

Fig. 1 The jet power data distributions for the RBLs and the FSRQs

由图2可以看出吸积率与喷流能量 Q_{jet} 具有较高的相关性，说明黑洞吸积与喷流能量之间存在联系，黑洞喷流的形成受黑洞吸积作用的影响，黑洞吸积率越高的喷流所携带的能量越多。

由图3可以看出吸积率与喷流能量 Q_{jet} 具有较高的相关性，说明黑洞吸积与喷流能量之间存在联系，这与图1的结果一致。由图4可以看出射电选BLLac天体黑洞吸积率与 L_{γ} 之间相关性较小。说明射电选BLLac天体黑洞吸积率对其喷流中的γ射线流量密度影响较小。射电选BLLac天体的γ射线流量密度可能受其他因素影响。

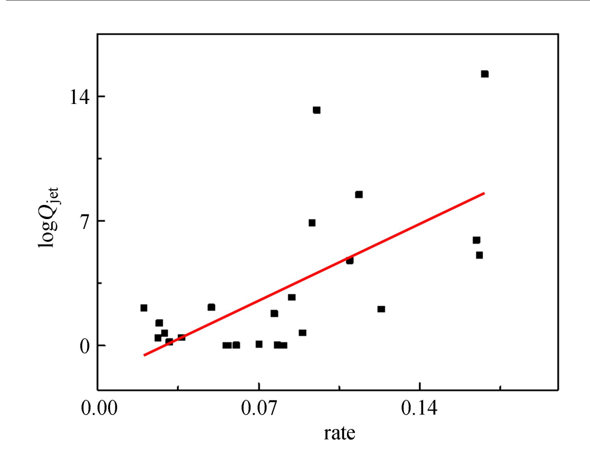


图 2　黑洞吸积率与 $\log Q_{\rm jet}$ 的相关性

Fig. 2　The correlation between the accretion rate and $\log Q_{\rm jet}$

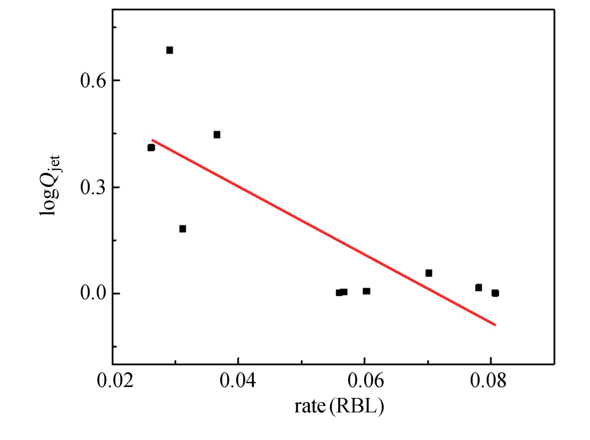


图 3　黑洞吸积率与 $\log Q_{\rm jet}$ 的相关性(RBL)

Fig. 3　The correlation between the accretion rate and $\log Q_{\rm jet}$(RBL)

表 1　射电类星体黑洞红移、质量、吸积率及喷流能量

Table 1　The redshift, mass, accretion and the jet power of the black holes in this paper

Source (1)	Type (2)	z (3)	F_{151} (4)	$\log M/M_{\odot}$ (5)	Refs	$\log L_{\rm bol}$ (6)	Rate (7)	$\log Q_{\rm jet}$ (8)	L_{γ}(Fermi) (9)
0235+164	RBL	0. 94	1. 07	8. 7	2	47. 77	0. 0268	1. 2579	1. 5
0420−014	FSRQ	0. 915	1. 85	7. 87	4	48. 1	0. 1234	2. 0354	6. 66
0528+134	FSRQ	2. 07	0. 62	9. 03	5	49. 65	0. 166	5. 0782	3. 23
0716+714	RBL	0. 3	2. 37	8. 99	6	46. 2	0. 0312	0. 1816	1. 52
0735+178	RBL	0. 424	2. 61	8. 76	7	47. 6	0. 0366	0. 4475	4. 47
0754+100	RBL	0. 66	0. 83	9. 19	3	47. 5	0. 0262	0. 4108	1. 93
0827+243	FSRQ	2. 05	0. 74	9. 27	2	49. 14	0. 1646	5. 9191	1. 73
0851+202	RBL	0. 306	0. 71	9. 84	2	46. 4	0. 0702	0. 0569	3. 41
1101+384	RBL	0. 031	1. 68	9. 31	8	45. 7	0. 0807	0. 0010	3. 1
1156+295	FSRQ	0. 729	4. 28	8. 9	9	47	0. 0843	2. 6987	6. 04
1219+285	RBL	0. 102	0. 57	8. 54	10	45. 3	0. 0567	0. 0040	5. 1
1226+023	FSRQ	0. 158	4. 95	8. 92	4	47. 1	0. 0767	1. 7920	2. 25
1253−055	FSRQ	0. 538	22. 8	8. 7	7	48. 3	0. 0932	6. 8905	2. 47
1308+326	RBL	0. 996	1. 55	8. 31	4	47. 7	0. 0201	2. 1011	4. 33
1510−089	FSRQ	0. 361	6. 05	8. 28	11	46. 9	0. 0891	0. 7113	4. 22
1538+149	RBL	0. 605	5. 35	8. 22	12	46. 4	0. 0495	2. 1451	5. 21
1633+382	FSRQ	1. 814	2. 57	9. 01	13	49. 1	0. 1682	15. 241	1. 19
1652+398	RBL	0. 033	1. 98	9. 38	7	45. 3	0. 056	0. 0014	9. 45
1749+096	RBL	0. 322	7. 6	8. 77	1	47	0. 0291	0. 6854	3. 41
1807+698	RBL	0. 051	9. 36	8. 9	14	44. 7	0. 0781	0. 0161	3. 6
2200+420	RBL	0. 069	1. 77	9. 25	15	45	0. 0603	0. 0056	8. 81
2223−052	FSRQ	1. 404	18. 84	9. 37	4	47. 1	0. 1127	9. 521	2. 52
2230+114	FSRQ	1. 037	5. 66	9. 65	4	48. 16	0. 1136	8. 4736	3. 48
2251+158	FSRQ	0. 859	14. 03	9. 53	16	46. 8	0. 0952	13. 219	9. 93

注 1：表中(1)源；(2)类型；(3)红移；(4)151 MHZ 下的流量密度来源于 NED 网络数据库；(5)黑洞质量；(6)宽线区光度；(7)吸积率；(8)喷流能量；(9)γ 射线能量密度。Refs 文献[11]Xie et al. 1992；[12]Xie et al. 2001b；[13] Xie et al. 1991a；[14]Eli et al. 1983；[15]Wagner et al. 1997；[16]Qian, Tao, & Fan 2002；[17]Xie et al. 2005；[18] Xie et al. 2003；[19]Xie et al. 1994；[20]Xie et al. 1988；[21]Xie et al. 2002b；[22]Xie et al. 1990；[23]Fan et al. 2001；[24]Brunne et al. 1986；[25]Weistrop, 1973；[26]Barbieri et al. 1978.

表 2 黑洞质量及不同条件下黑洞吸积率与喷流能量的相关性数据

Table 2 The related data for the black hole accretion rate and the jet power at the different condition

X	Y	R Value	Prob>F	Value (Intercept)	Error (Intercept)	Value (Slope)	Error (Slope)	B
Rate	$\log Q_{jet}$	0.65096	5.71364E-4	-1.805	1.3875	61.645	15.326	—
Rate	L_{γ}	0.11614	4.66286	1.06988	-6.47039	11.79698	0.5889	—
Rate	$\log Q_{jet}$	0.79641	0.68304	0.14375	-9.55956	2.56646	0.00583	RBL
Rate	L_{γ}	0.24011	3.14145	1.91079	27.98487	35.77784	0.45223	RBL
Rate	$\log Q_{jet}$	0.40012	-0.25796	5.02402	54.26342	41.42944	0.2227	FSRQ
Rate	L_{γ}	0.40045	7.51902	2.80808	-30.29468	23.10703	0.2223	FSRQ

注：表中“—”表示 RBL，FSRQ 整体讨论的情况

由图 5 可以看出吸积率与喷流能量 Q_{jet} 具有较高的相关性，说明黑洞吸积与喷流能量之间存在联系。这同样与图 1 的结果一致。

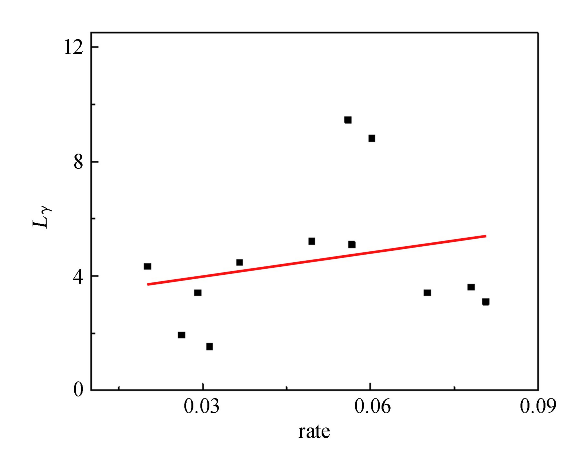


图 4 黑洞吸积率与 L_{γ} 的相关性(RBL)

Fig. 4 The correlation between the accretion rate and L_{γ}(RBL)

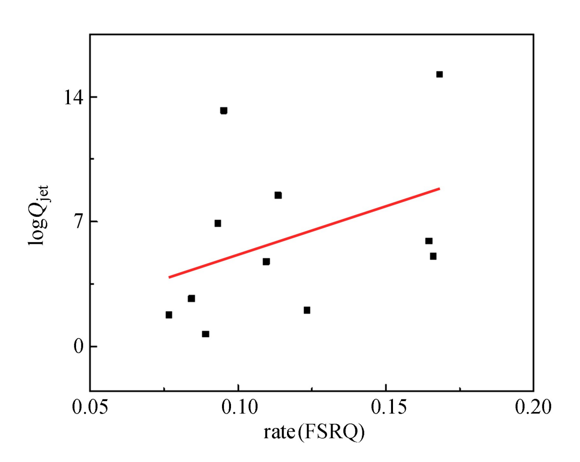


图 5 黑洞吸积率与 $\log Q_{jet}$ 的相关性(FSRQ)

Fig. 5 The correlation between the accretion rate and $\log Q_{jet}$(FSRQ)

由图 6 可以看出平谱射电类星体黑洞吸积率与 L_{γ} 之间具有较高的相关性，γ 射线流量密度之间存在明显相关性。说明平谱射电类星体喷流中的 γ 射线流量密度很可能受吸积率的影响，吸积率越大，γ 射线流量密度越小。

5 结 论

本文收集的射电选 BLLac 天体及平谱射电类星体，在一定程度上验证了黑洞吸积率和喷流之间的关系，但不能说明喷流能量是否完全来源于黑洞吸积过程。同时射电选 BLLac 天体与平谱射电类星体的吸积率与 γ 射线流量密度之间的相关性存在差异。射电选 BLLac 天体吸积率与 γ 射线流量密度之间不存在相关性，但平谱射电类星体

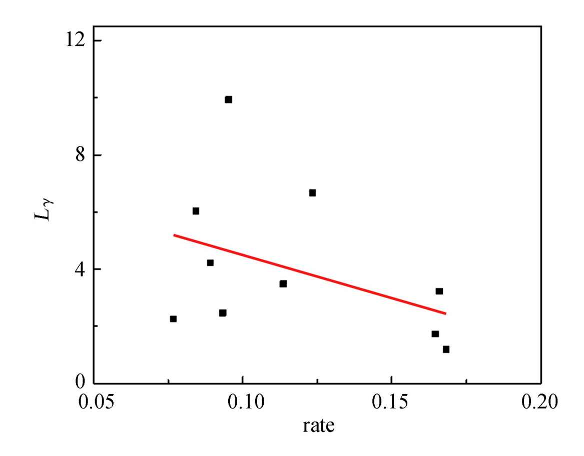


图 6 黑洞吸积率与 L_{γ} 的相关性(FSRQ)

Fig. 6 The correlation between the accretion rate and L_{γ}(FSRQ)

的吸积率与γ射线流量密度之间的相关性却很明显，这说明黑洞喷流的形成可能受多种因素的影响。进一步详细探讨黑洞吸积率与喷流的相关性以及探讨自旋与喷流的具体关系，就需要更多的观测数据验证本文的研究结果。

致谢：本文中应用于计算黑洞自旋的 178 HMz 流量密度均源于 NASA/IPAC 河外星系数据库(NED)，非常感谢由美国国家航天航空局、美国加州科技研究所、喷流推进实验室联合运营的河外星系数据库(NED)所提供的帮助。

参考文献：

[1] Allen S W, Dunn R J H, Fabian A C, et al. The relation between accretion rate and jet power in X-ray luminous elliptical galaxies [J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2006, 372: 21-30.

[2] Mirabel I F, Rodríguez L F. Sources of relativistic jets in the galaxy [J]. Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 1999, 37: 409-443.

[3] Penrose R. Gravitational collapse: the role of general relativity [J]. Rivista Del Nuovo Cimento, 1968, 1(1969): 1141-1165.

[4] Blandford R D, Znajek R L. Electromagnetic extraction of energy from Kerr black holes [J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 1977, 179(6): 433-456.

[5] Fabian A C, Sers J S, Allen S W. A deep Chandra observation of the Perseus cluster: shocks and ripples [J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2003, 344(3): L43-L47.

[6] Churazov E, Sunyaev R, Forman W, et al. Cooling flows as a calorimeter of active galactic nucleus mechanical power [J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2002, 332(2): 729-734.

[7] Birzan L, Rafferty D A, McNamara B R. Interactions between radio sources and the intracluster medium [J]. The Astrophysical Journal, 2004, 607(2): 800-809.

[8] Fabian A C, Reynolds C, Taylor G. On viscosity, conduction and sound waves in the intracluster medium [J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2005, 363(3): 891-896.

[9] Chen C T J, Hickox R C. A correlation between star formation rate and average black hole accretion in star forming galaxies [J]. Proceedings of the International Astronomical Union, 2013, S304(9): 302-306.

[10] Chicone C, Mashhoon B, Punsly B. Relativistic motion of spinning particles in a gravitational field [J]. Physics Letters A, 2005, 343(1): 1-7.

[11] Xie G Z, Li K H, Liu F K, et al. CCD photometry of 14 BL lacertae objects and theoretical model [J]. The Astrophysical Journal Supplement Series, 1992, 80(2): 683-699.

[12] Xie G Z, Li K H, Bai J M, et al. Search for short variability timescale of the GEV gamma-ray-loud blazars [J]. The Astrophysical Journal, 2001, 548(1): 200-212.

[13] Xie G Z, Liu F K, Liu B F, et al. The beaming model and Hubble diagram of BL lacertae objects [J]. Astronomy and Astrophysics, 1991, 249(1): 65-69.

[14] Bassani L, Dean A J . Extragalactic gamma-ray astronomy [J]. Space Science Reviews, 1983, 28(3): 367-398.

[15] Wagner S J, von Montigny C, Herter M. Fast variations of gamma-ray emission in blazars [C] // Fourth Compton Symposium. 1997: 1457-1461.

[16] Qian Bochen, Tao Jun, Fan Junhui. Optical monitoring of S5 0716+714 from 1994 to 2000 [J]. The Astronomical Journal, 2007, 123(2): 678-689.

[17] Xie J C, Lin H, Han J H, et al. Experimental investigation of thermocapillary migration of isolated drops [J]. Advances in Space Research, 1999, 24(10): 1409-1415.

[18] Xie Z, Zhang X, Bai M, et al. Gamma-ray and near-infrared emission from gamma-ray-loud blazars [J]. The Astronomical Journal, 2009, 508(1): 180-185.

[19] Xie G Z, Li K H, Zhang Y H, et al. Simultaneous multirange observations and detection of rapid variability of BL Lacertae objects [J]. Astronomy & Astrophysics Supplement Series, 1994, 106 (2): 361-372.

[20] Xie Guangzhong, Hao Pengjiu, Lu Ruwei, et al. Optical behaviour of four BL lacertae objects [J]. Chinese Astronomy and Astrophysics, 1988, 12(3): 197-204.

[21] Xie G Z, Liang E W, Zhou S B, et al. Photometry of three gamma-ray-loud quasars and implications for supermassive black holes [J]. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2002, 334(2): 459-470.

[22] 刘世杰, 谢葆珍, 吴越, 等. 用卢瑟福背散射方法研究陨石中的超重核块 [J]. 高能物理与核物理, 1989, 13(2): 103-105.
Liu Shijie, Xie Baozhen, Wu Yue, et al. Search for superheavy nuclearites in meteorites by rutherford backscattering [J]. High Energy Physics & Nuclear Physics, 1989, 13(2): 103-105.

[23] Fan J H, Cheng K S. The central black hole masses of gamma-ray loud blazars [C] // AIP Conference. 2001: 291-295.

[24] Brunner H. Observations of 3C 371 [J]. The Astrophysical Journal, 1986, 310(2): 694-699.

[25] Weistrop D. A search for faint blue objects near the north galactic pole [J]. Astronomy and Astrophysics, 1973, 23(2): 215-219.

[26] Barbieri C, Romang G. Survey of optical variability of compact extragalactic objects [J]. Astronomy and Astrophysics, 1977, 59(3): 419-426.

The Relation between the Accretion Rate and the Jet Power

Zhang Xu, Zhang Xiong
(School of Physics and Electronic Information Technology, Yunnan Normal University,
Kunming 650500, China, Email: ynzx@yeah.net)

Abstract: The balck holes in the cores of galaxies and galaxy clusters are commonly observed to be associated with powerful relativistic jets. We collected 24 AGN sources in this article. The sample includes 13 RBLs and 11 FSRQs. We studied the correlation between the accretion rate and the jet power. We also made the correlation analysis between the accretion rate and the γ flux density. Our conclusions are as follows: (1) The black hole accretion rate has the strong correlation with the jet power; (2) There are a little differences between RBLs and FSRQs for the distribution of the black hole jet power; (3) The γ flux density has the different correlation with the jet power for RBLs and FSRQs; (4) It is suggested from our result that the black hole jet may obtain the energy from the spin accretion which is consistent with other results obtained in different ways.

Key words: Accretion rate; Jet power; Correlation